

## Cara uji modulus elastisitas batu dengan tekanan sumbu tunggal



© BSN 2008

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang menyalin atau menggandakan sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun dan dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis dari BSN

BSN  
Gd. Mangala Wanabakti  
Blok IV, Lt. 3,4,7,10.  
Telp. +6221-5747043  
Fax. +6221-5747045  
Email: [dokinfo@bsn.go.id](mailto:dokinfo@bsn.go.id)  
[www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id)

Diterbitkan di Jakarta



## Daftar isi

	Halaman
Daftar isi.....	i
Prakata .....	ii
1 Ruang lingkup .....	1
2 Istilah dan definisi.....	1
3 Ketentuan dan persyaratan.....	1
3.1 Benda uji.....	1
3.2 Peralatan .....	2
3.3 Petugas dan penanggungjawab .....	2
4 Rumus perhitungan.....	3
4.1 Modulus elastisitas .....	3
4.2 Angka Poisson.....	3
4.3 Modulus Geser (G) .....	4
4.4 Modulus Pejal ( <i>bulk modulus</i> ) (K).....	4
5 Prosedur uji.....	4
6 Laporan uji .....	4
Lampiran A .....	6
Lampiran B .....	9
Lampiran C .....	11
Bibliografi .....	12



## Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) tentang 'Cara uji modulus elastisitas batu pada tekanan sumbu tunggal' merupakan revisi dari SNI 03-2826-1992, Metode pengujian modulus elastisitas batu pada tekanan sumbu tunggal yang mengacu kepada ASTM D 3148-02, *Test Method for Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens in Uniaxial Compression*, dengan perubahan pada judul, penambahan istilah dan definisi, penambahan dan revisi beberapa materi mengenai persyaratan dan ketentuan serta cara pengujian, penjelasan rumus, pembuatan bagan alir, perbaikan gambar dan pembuatan contoh formulir.

Standar ini disusun oleh Panitia Teknis Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil pada Sub Panitia Teknisk Bidang Sumber Daya Air melalui Gugus Kerja Pendayagunaan Sumber Daya Air Bidang Bahan dan Geoteknik.

Tata cara penulisan disusun mengikuti Pedoman BSN Nomor 8 Tahun 2000 dan dibahas pada forum rapat konsensus pada tanggal 12 Oktober 2006 di Bandung dengan melibatkan para nara sumber, pakar dan lembaga terkait.





## Pendahuluan

Tujuan dari SNI ini adalah untuk mengetahui harga modulus elastisitas benda uji batu secara uji statik.

Standar ini dapat digunakan sebagai acuan dan pegangan bagi praktisi dan laboran dalam pengujian modulus elastisitas batu pada tekanan sumbu tunggal







## Cara uji modulus elastisitas batu pada tekanan sumbu tunggal

### 1 Ruang lingkup

Standar ini menetapkan cara uji modulus elastisitas batu pada tekanan sumbu tunggal untuk mengetahui harga modulus elastisitas benda uji batu secara statik. Cara uji modulus elastisitas batu ditentukan dengan melakukan pengujian di laboratorium dengan mempergunakan alat uji yang berupa mesin kompresi yang mampu memberikan beban sumbu secara menerus terhadap benda uji hingga tercapai keruntuhan. Modulus elastisitas atau modulus Young adalah perbandingan antara nilai tegangan dengan regangan aksial, yang dinyatakan dalam satuan MPa.

### 2 Istilah dan definisi

Istilah dan definisi yang berkaitan dengan standar ini adalah sebagai berikut.

#### 2.1

##### **angka poisson**

nilai yang didapat dari perbandingan kemiringan aksial dengan lateral pada kondisi tegangan normal terendah

#### 2.2

##### **modulus pejal** (*bulk modulus*)

nilai rata-rata dari tegangan normal dibagi dengan nilai perubahan volume terhadap volume awal

#### 2.3

##### **modulus elastisitas**

perbandingan antara tegangan dengan regangan aksial dalam deformasi yang elastis, dinyatakan dalam satuan MPa

#### 2.4

##### **modulus geser**

nilai modulus yang didapat dari perbandingan antara tegangan terhadap regangan geser

#### 2.5

##### **modulus sekan** (*secan modulus*)

nilai modulus elastisitas yang dihitung berdasarkan pada tegangan = 0% sampai 50% dari tegangan maksimum

#### 2.6

##### **modulus tangen**

nilai modulus elastisitas yang dihitung pada garis linier dan kurva tegangan-regangan

### 3 Ketentuan dan persyaratan

#### 3.1 Benda uji

Untuk mendapatkan hasil uji yang baik, beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan pengujian adalah sebagai berikut.



- a) Benda uji berbentuk silinder tegak lurus dengan diameter tidak kurang dari 47 mm dan mempunyai perbandingan panjang benda uji terhadap diameternya berkisar antara 2,0 s.d. 2,5.
- b) Permukaan ujung benda uji harus halus dan rata dengan ketelitian 0,025 mm.
- c) Permukaan silinder benda uji harus halus dengan ketelitian 0,50 mm untuk seluruh tinggi benda uji.
- d) Kedua permukaan ujung benda uji harus sejajar satu sama lain dan tegak lurus terhadap sumbu memanjang.
- e) Jumlah benda uji minimal 3 buah dan harus dipilih yang relatif seragam dan representatif.
- f) Jumlah benda uji agar disimpan selama 5 hari s.d. 6 hari sebelum pengujian di lingkungan dengan temperatur  $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  dan kelembaban udaranya disesuaikan kondisi ruangan.
- g) Diameter benda uji harus lebih besar atau sama dengan 10 kali ukuran butir terbesar yang terdapat pada benda uji tersebut.
- h) Kekurangan atau kelebihan dari persyaratan yang telah ditentukan untuk ukuran contoh harus dicatat dalam laporan hasil perhitungan.

### **3.2 Peralatan**

Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut.

- a) Alat uji berupa mesin kompresi harus mampu memberikan beban sumbu secara menerus terhadap benda uji hingga tercapai keruntuhan.
- b) Dua buah pelat baja berbentuk bundar ditempatkan di kedua ujung benda uji, permukaan pelat baja harus datar dengan toleransi 0,025 mm, dan pelat baja tersebut harus mempunyai luas yang sekurang-kurangnya sama dengan luas permukaan ujung benda.
- c) Sendi peluru yang ditempatkan pada salah satu dari pelat baja tersebut dapat diputar dan diungkit dengan sudut kecil ke segala arah.
- d) Jangka sorong dengan ketelitian 0,01 mm.
- e) Manometer pengukuran beban dengan ketelitian 0,05 kN.
- f) Arloji ukur yang mempunyai ketelitian 0,01 mm s.d. 0,001 mm.
- g) Pengukuran tegangan listrik dengan ketelitian  $1 \times 10^{-4}$  mm.
- h) Indikator regangan dan unit pengatur.
- i) Semua alat ukur yang dipergunakan harus dikalibrasi minimum 6 bulan sekali atau bilamana dianggap perlu.

### **3.3 Petugas dan penanggungjawab**

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan meliputi :

- a) Petugas pengujian ini adalah laboran atau teknisi yang sudah berpengalaman dalam pengujian laboratorium batuan.
- b) Pengawas pengujian ini adalah ahli geoteknik atau geologi teknik.
- c) Hasil pengujian harus diteliti kembali dan ditandatangani oleh penanggung jawab pekerjaan.



## 4 Rumus perhitungan

### 4.1 Modulus elastisitas

Modulus elastisitas benda uji dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$\varepsilon_a = \frac{\Delta L}{L} \quad (1)$$

$$\sigma = \frac{P}{A_c} \quad (2)$$

$$A_c = \frac{A_o}{1 - \frac{\varepsilon_a}{100}} \quad (3)$$

$$P = R \cdot K \quad (4)$$

$$E = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \varepsilon_a} \quad (5)$$

dengan pengertian:

- $\varepsilon_a$  adalah regangan aksial,
- $L$  adalah panjang benda uji, dinyatakan dalam (cm),
- $\Delta L$  adalah perubahan panjang benda uji, dinyatakan dalam (cm),
- $\sigma$  adalah tegangan, dinyatakan dalam (MPa),
- $P$  adalah beban, dinyatakan dalam (kN)
- $A_o$  adalah luas awal benda terkoreksi, dinyatakan dalam (cm<sup>2</sup>),
- $A_c$  adalah luas terkoreksi, dinyatakan dalam (cm<sup>2</sup>),
- $R$  adalah pembacaan manometer beban
- $K$  adalah koefisien skala per satu bagian skala manometer, dinyatakan dalam (kN),
- $E$  adalah modulus elastisitas, dinyatakan dalam (MPa),
- $\Delta \sigma$  adalah selisih tegangan pada tingkat tegangan tertentu, sesuai dengan jenis modulus elastisitas yang diinginkan (Lampiran B, Gambar B.1)
- $\Delta \varepsilon_a$  adalah selisih regangan aksial pada tingkat tegangan tertentu

### 4.2 Angka Poisson

Perhitungan angka Poisson dilakukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$\varepsilon_\lambda = \frac{\Delta D}{D} \quad (6)$$

$$\mu = \frac{E}{\frac{\Delta \sigma}{\Delta \varepsilon_\lambda}} \quad (7)$$

dengan pengertian :

- $\varepsilon_\lambda$  adalah regangan lateral,
- $\Delta \varepsilon_\lambda$  adalah selisih regangan lateral pada tingkat tegangan tertentu,
- $D$  adalah diameter benda uji, dinyatakan dalam (cm),
- $\Delta D$  adalah perubahan diameter benda uji (cm),
- $\mu$  adalah angka *poisson ratio*.



### 4.3 Modulus Geser (G)

$$G = \frac{E}{2(1+\mu)} \dots\dots\dots (8)$$

### 4.4 Modulus Pejal (*bulk modulus*) (K)

$$K = \frac{E}{3(1-2\mu)} \dots\dots\dots (9)$$

## 5 Prosedur uji

Prosedur pengujian dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

- a) Ratakan permukaan benda uji dengan ampelas halus di bagian tertentu dimana akan dipasang pengukur regangan elektrik.
- b) Bersihkan permukaan tersebut dengan kain bersih, kemudian bersihkan dengan cairan aseton, tunggu antara 2 jam s.d. 3 jam sehingga cairan aseton kering.
- c) Oleskan perekat pada permukaan tersebut, tunggu selama 30 menit
- d) Tempelkan pengukur regangan elektrik dengan arah sejajar atau tegak lurus terhadap sumbu benda uji, lalu sambungkan 2 kabel ke ujung pengukuran regangan elektrik dan lindungi pengukur regangan elektrik dengan plastik, kemudian diikat dengan karet supaya tempat kedudukannya tidak berubah, tunggu sekurang-kurangnya selama 24 jam.
- e) Bersihkan permukaan pelat baja atas, pelat baja bawah dan benda uji dengan kain bersih.
- f) Tempatkan benda uji pada pelat bagian bawah.
- g) Atur posisi sumbu memanjang benda uji tepat berada di pusat sendi peluru pada pelat baja atas.
- h) Atur pelat baja secara perlahan hingga menyentuh permukaan ujung benda uji secara merata.
- i) Atur jarum penunjuk pada manometer pengukur beban dan lakukan pembacaan awal.
- j) Lakukan pembacaan awal pada indikator regangan.
- k) Beri beban sumbu secara menerus, pemberian beban sumbu dapat dilakukan dengan cara kontrol tegangan pada atau kontrol regangan.
- l) Baca besar beban sumbu pada manometer dan besar regangan pada indikator, regangan secara bersamaan, dan catat hasil pembacaan tersebut.
- m) Lanjutkan pembacaan dan pencatatan hingga benda uji mengalami keruntuhan.
- n) Hitung besarnya modulus elastisitas
- o) Foto benda uji sebelum dan sesudah pengujian.

## 6 Laporan uji

Laporan hasil pengujian harus mencakup hal-hal sebagai berikut.

- a) Nama proyek, lokasi contoh batu, kedalaman, tanggal pengambilan contoh di lapangan dan tanggal pengujian, jenis dan kapasitas mesin kompresi, jenis indikator regangan dan unit pengatur.

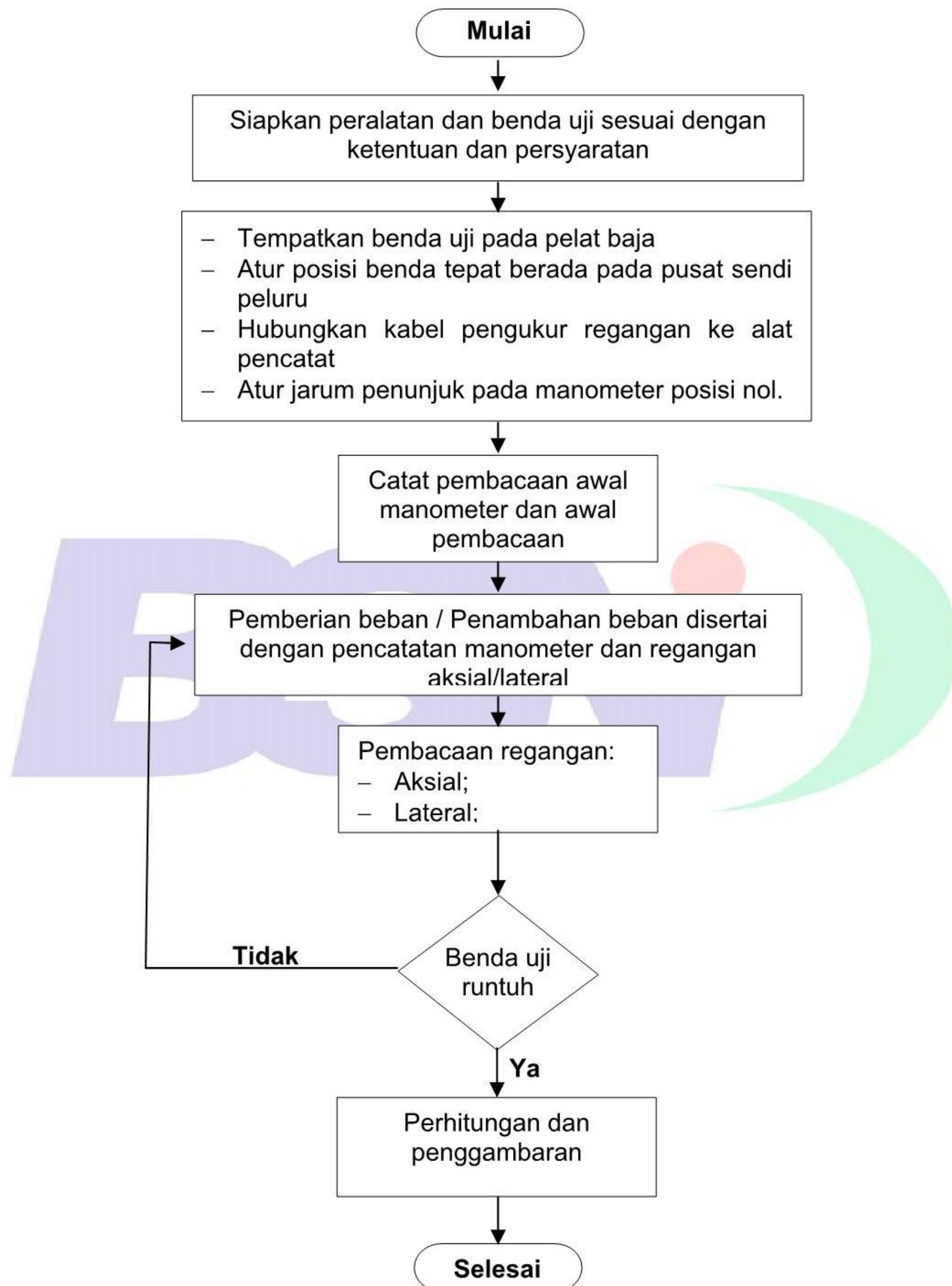


- b) Nama dan tanda tangan penguji, pemeriksa dan penanggung jawab pengujian harus jelas.
- c) Penjelasan tentang benda uji, termasuk nama batu, lokasi dan arah bidang lemah (antara lain bidang perlapisan, skistositas ).
- d) Diameter dan tinggi benda uji.
- e) Kecepatan pembebanan dan lamanya pengujian.
- f) Keadaan umum tentang kandungan air dalam benda uji pada saat pengujian, misalnya keadaan kering udara di laboratorium, keadaan kering oven, keadaan jenuh atau keadaan sebagaimana saat diterima contoh batu, disarankan untuk mengukur kadar air benda uji dan kepadatannya.
- g) Kuat tekan benda uji.
- h) Grafik tegangan-regangan aksial dan grafik tegangan-regangan diametrik (lateral).
- i) Harga modulus elastisitas.
- j) Angka poisson.
- k) Sketsa keruntuhan benda uji.



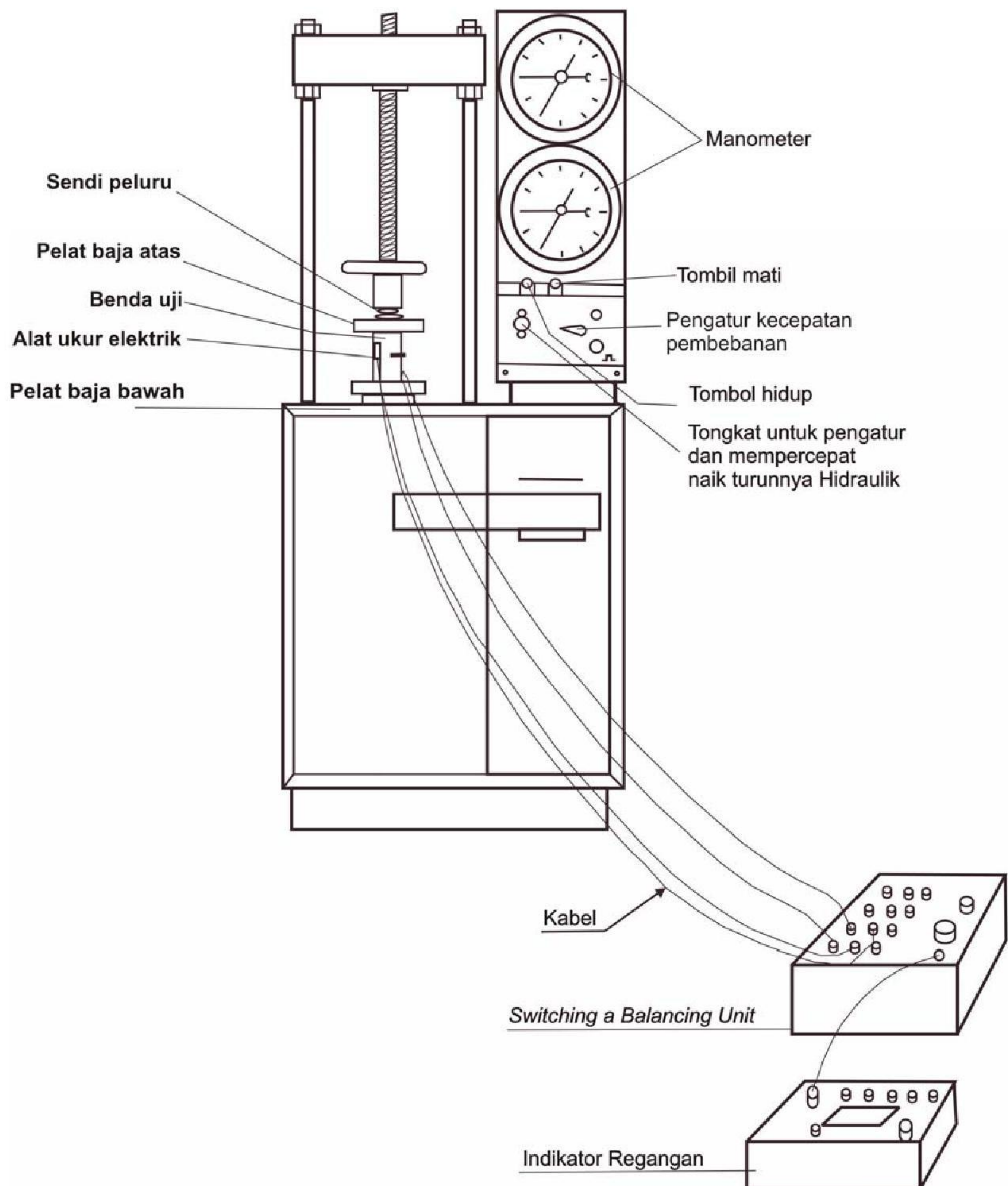


**Lampiran A**  
(normatif)  
**Gambar-gambar**



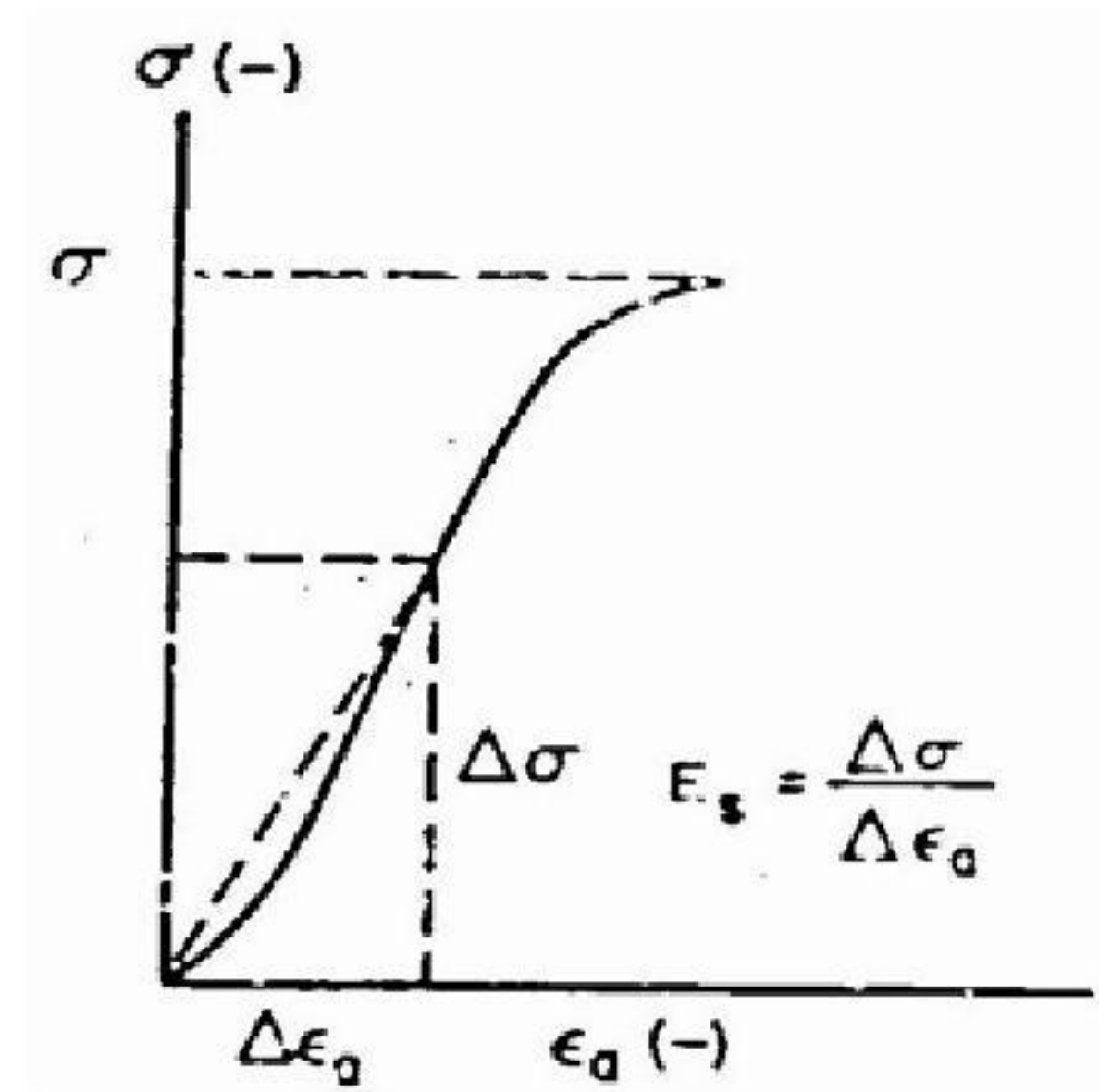
**Gambar A.1** Bagan alir uji modulus elastisitas batu pada tekanan sumbu tunggal





**Gambar A.2 Sketsa mesin kompresi**





Modulus sekan diukur sampai persentase tertentu (50%) dari kekuatan batas ( $\sigma_{ult}$ )

**Gambar A.2** Cara-cara untuk mendapatkan nilai modulus elastisitas dari grafik tekanan vs regangan aksial





## Lampiran B (informatif)

### Tabel dan grafik pengujian

**Tabel B.1 Pengujian modulus elastisitas batu pada tekanan sumbu tunggal**

Permintaan dari	: -	Jenis alat uji	: Soil test
Banyak	: PLTA	Kapasitas alat uji	: 30.000 LBS
Lokasi	: ADIT	Kecepatan pembebanan	: 0,02 mm/menit
Nomor contoh	: PC 1	Jenis strain indikator	: Kyowa
Kedalaman	: 24,25-24,75 m	Jenis switching = Balancing unit	: Kyowa
Tanggal pengambilan contoh	: 10 Nov 1990	Diuji oleh	: Said, B.Sc.
Tanggal pengujian	: 12 Des 1990	Diperiksa oleh	: Ir. Tatang S.
Nama batu : Granit		Penanggung jawab	: Ir. Supardijono
Benda uji : 2		Berat benda uji, W1	= 606, 1 gr
Dimensi : Tinggi, H = 108,7 mm		Berat kering, W2	= 596,5 gr
Garis tengah, D = 52,0 mm		kadar air, W	= 1,61%
Luas, A = 2124,64 cm <sup>3</sup>		Kepadatan, $\rho$	= 2,625 g/cm <sup>3</sup>
		Koefisien skala, K	= 0,4448 kN/bagian

Pembacaan dan perhitungan

Perubahan panjang benda uji $\Delta \lambda$ (mm)	Regangan aksial $\epsilon_a$	Regangan lateral $\epsilon_\lambda$	Pembacaan manometer beban R	Beban P (kN)	Ac (mm <sup>2</sup> )	Tegangan aksial MPa
0	0	0	0	-	-	-
350 x 10 <sup>-6</sup>	350 x 10 <sup>-6</sup>	30 x 10 <sup>-6</sup>	20	8896,91	2124,647	4,19
640	60	60	40	17732	2124,654	8,35
840	85	85	60	26688	2124,658	12,56
940	115	115	80	35584	2124,660	16,75
1100	140	140	100	44480	2124,663	20,94
1255	165	165	120	53376	2124,667	25,12
1444	205	205	140	62272	2124,671	29,31
1600	225	225	160	71168	2124,674	33,50
1815	245	245	180	80064	2124,679	37,68
2040	265	265	200	88064	2124,683	41,45
2150	280	280	220	97856	2124,686	46,06
2290	295	295	240	106752	2124,689	50,24
2450	315	315	260	115648	2124,692	54,43
2600 x 10 <sup>-6</sup>	2600 x 10 <sup>-6</sup>	335 x 10 <sup>-6</sup>	291	129437	2124,795	60,92

$$\text{Kuat tekan runtuh pada } \sigma = 60,92 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat tekan, } \sigma_c = \frac{\sigma}{0,98 + (0,240 \Delta D)} = 62,11 \text{ MPa}$$

$$\text{Modulus elastisitas, } \epsilon = \frac{30,391}{14,6 \times 10^{-4}} = 20,816 \times 10^3 \text{ MPa}$$

$$\text{Angka Poisson, } \mu = \frac{20,816 \times 10^3}{\frac{30,391}{2^{10} \times 10^{-4}}} = 0,144$$



Kedalaman : - (m)



**Gambar B.1 Contoh grafik tegangan-regangan pada cara uji modulus elastisitas pada tekanan sumbu tunggal**



**Lampiran C**  
(informatif)

**Tabel daftar deviasi teknis dan penjelasannya**

No.	Materi	Sebelum	Revisi
1.	Judul	Metode pengujian modulus elastisitas batu pada tekanan sumbu tunggal	Cara uji modulus elastisitas batu pada tekanan sumbu tunggal
2.	Format	Sudah ada	Tetap
3.	Acuan normatif	Berupa ASTM	Acuan normatif yang mengacu ke ASTM di pindah ke Bibliografi kecuali ada ASTM yang sudah menjadi SNI
4.	Istilah dan definisi	Sudah ada	Penambahan beberapa istilah seperti: modulus geser <i>bulk modulus</i>  Dan angka Posion
5.	Ketentuan dan persyaratan	Sudah ada	Perbaiki beberapa materi
6.	Rumus	Sudah ada	Penambahan rumus shear modulus dan bulk modulus (rumus 8 dan 9)
7.	Laporan hasil uji	Masih kurang	Penambahan materi berupa : Pembebanan rata-rata atau lendutan rata-rata, dan Nama dan tanda tangan penguji, pemeriksa dan penanggung jawab pengujian.
8.	Diagram Alir	Tidak ada	Pembuatan diagram alir (Lampiran A)
9.	Gambar	Sudah ada	Perbaiki gambar (Gambar A)
10.	Contoh Formulir	Sudah ada, tapi belum menyeluruh	Penyempurnaan contoh formulir hasil pengujian (Lampiran B)



## Bibliografi

SNI 03-2826-1992, *Metode pengujian modulus elastisitas batu pada tekanan sumbu tunggal*

ASTM D 653, *Terminology relating to soil, rock, and contained fluids.*

ASTM D 2216, *Test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock.*

ASTM D 3740, *Practice for minimum requirements for agencies engaged in the testing and/or inspection of soil and rock as used in engineering design and construction.*

ASTM D 4543, *Practice for preparing rock core specimens and determining dimensional and shape tolerances.*

ASTM E 4, *Practices for load verification of testing machines.*

ASTM E 691, *Practice for conducting an interlaboratory study to determine the precision of a test method.*











**BADAN STANDARDISASI NASIONAL - BSN**  
Gedung Manggala Wanabakti Blok IV Lt. 3-4  
Jl. Jend. Gatot Subroto, Senayan Jakarta 10270  
Telp: 021- 574 7043; Faks: 021- 5747045; e-mail : [bsn@bsn.or.id](mailto:bsn@bsn.or.id)